

Caractérisation des Périodes Libres dans les Réseaux 802.11 Multisauts[†]

Van Nam Nguyen^{1 3} and Isabelle Guérin Lassous¹ and Tahiry Razafindralambo²
and Victor Moraru³

¹Université Lyon 1 / LIP (UMR ENSL - INRIA - CNRS - UCBL), (nguyen.van.nam;isabelle.guerin-lassous)@ens-lyon.fr

²INRIA, tahiry.razafindralambo@inria.fr

³IRD, UMI 209 UMMISCO MSI Team, victor.moraru@aif.org

Un certain nombre de travaux sur les réseaux 802.11 multisauts reposent sur des hypothèses sur les périodes libres et occupées du médium radio. Dans ce travail, nous cherchons à caractériser les durées des périodes libres. Des simulations menées sur un réseau multisaut simple et caractéristique et une analyse théorique ont montré que, contrairement à ce qui est souvent supposé, ces durées, propres à chaque station, suivent généralement des distributions multimodales.

Keywords: Réseaux sans fil, 802.11, Caractérisation

1 Introduction

La technologie IEEE 802.11 sert comme support pour différents types de réseaux sans fil : avec infrastructure, maillés, ad hoc, etc. Si les réseaux locaux avec points d'accès fonctionnent maintenant à peu près correctement, les performances des réseaux sans fil multisauts sont encore très limitées. Ces problèmes ont donné lieu à une recherche intensive dans ce domaine. Afin de réaliser des modifications pertinentes de 802.11 ou d'apporter des solutions adaptées à ces réseaux, il est souvent nécessaire d'avoir une connaissance approfondie des performances de 802.11 dans un contexte multisaut. Différentes études d'évaluation de performance des réseaux 802.11 multisauts ont été proposés dans la littérature [GSK06, KBAGR09]. Dans ces études, certaines hypothèses sont réalisées afin de simplifier le processus d'évaluation. Par exemple, dans [GSK06], le canal sans fil est modélisé par un processus stochastique dans lequel les durées des périodes libres et des périodes occupées des différentes stations sont exponentiellement distribuées. Dans [KBAGR09], les périodes backoff et de transmission sont modélisées par un *Alternating Renewal Process* dans lequel les temps de backoff et les tailles de paquets sont exponentiellement distribués. Si de telles hypothèses sur les périodes libres et occupées des stations ont pour objectif de simplifier les modèles d'évaluation, elles peuvent avoir un impact non négligeable sur la qualité des estimations des performances de ces réseaux. L'utilisation d'hypothèses sur les paramètres périodes libres et occupées des stations n'est pas limitée aux seuls travaux d'évaluation de performance. L'élaboration de solutions adaptées aux réseaux 802.11 multisauts nécessite parfois aussi de telles hypothèses. Par exemple, dans [SCCGL08], la solution d'estimation de la bande passante libre proposée repose sur l'hypothèse que les périodes libres, dont la durée totale est connue, sont uniformément distribuées dans une période d'observation donnée.

D'après nos recherches, aucune étude ne s'est intéressée à la caractérisation des durées des périodes libres et occupées dans les réseaux 802.11 multisauts. C'est l'objectif de notre travail dont nous présentons les premiers résultats dans cet article. Notre objectif est double : (i) identifier les distributions des durées des périodes libres et occupées afin de valider ou d'invalider les hypothèses classiquement utilisées ; (ii) utiliser les distributions identifiées afin d'améliorer certaines solutions proposées pour ces réseaux en permettant, notamment, un paramétrage dynamique. Ce dernier objectif concerne des recherches à plus long terme (et

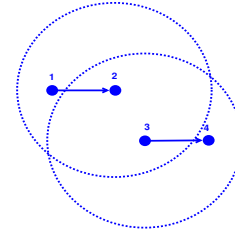
[†]Ce travail a été financé en partie par l'Agence Nationale de la Recherche sur le projet ANR VERSO RESCUE (ANR-10-VERSO-003)

n'est donc pas traité dans cet article). Dans cet article, nous étudions, théoriquement et par simulation, la distribution des durées des périodes libres dans un scénario multisaut simple[‡]. Nos premiers résultats montrent que ces distributions ne sont pas unimodales, comme souvent supposées dans la littérature, mais plutôt multimodales. Ces distributions diffèrent d'une topologie à une autre et d'une station à une autre en fonction du domaine de partage du médium radio. Dans la section 2, nous commençons par présenter les distributions des durées des périodes libres, obtenues par simulation, sur la topologie des stations cachées asymétriques. Nous effectuons ensuite, dans la section 3, une analyse théorique sur ces distributions. Enfin, nous concluons dans la section 4. Nous supposons que le lecteur est familier avec la méthode d'accès au médium DCF de 802.11.

2 Distributions des durées des périodes libres : simulation

Nous présentons ici les résultats obtenus sur une topologie simple qui est le scénario des stations cachées asymétriques (cf figure 1). Dans ce scénario, la station 1 envoie des paquets à 2 et la station 3 envoie des paquets à 4. Les stations 1 et 3 sont cachées, donc elles peuvent transmettre en même temps, ce qui provoque des collisions au niveau de la station 2 et par conséquent active le mécanisme de Binary Exponential Backoff au niveau de la station 1. En revanche, ces émissions simultanées ne perturbent pas la réception en 4 des paquets envoyés par 3. Ce scénario est simulé sous NS2.33 avec les paramètres donnés dans la table 1. Un routage statique est utilisé afin de ne pas avoir de paquets de contrôle. Le flux entre les stations 1 et 2 (resp. 3 et 4) est un flux CBR avec un débit de 200 kb/s (resp. 400 kb/s). La simulation dure 100s.

Propagation	2-Ray Ground
SIFS	10 μ s
DIFS	50 μ s
Time slot	20 μ s
Portée de communication	200 m
Portée de détection de porteuse	250 m
Débit physique	2 Mb/s
Taille paquet	1 kb
Retransmissions max.	7
Fenêtre de contention (min, max)	31, 1023



TAB. 1: Paramètres utilisés dans NS2.

FIG. 1: Stations cachées asymétriques

Les distributions des durées des périodes libres pour les 4 stations sont données dans les figures 2 et 3. Afin d'expliquer les formes de ces différents distributions, les différentes périodes libres possibles dans ce scénario sont identifiées dans la figure 4. Nous observons une distribution bimodale pour la station 1 dont la première partie s'apparente à une distribution uniforme et la deuxième à une distribution normale. Il faut noter que dans ce scénario et avec les débits testés, il y a au plus une retransmission pour les paquets envoyés par 1 et le backoff de 1 n'est jamais interrompu. Dans ce cas, la 1ère partie de la distribution correspond au temps d'attente de 1 (DIFS et backoff) avant la retransmission du paquet (période $ip11$ sur la fig. 4). La 2e partie de la distribution correspond aux périodes durant lesquelles les stations impactant les périodes libres de 1 (1 inclus) n'ont pas de paquet à envoyer plus le temps d'attente de 1 (DIFS et backoff) avant la première transmission du paquet (période $ip12$ sur la fig. 4). La distribution pour la station 2 comporte 3 parties. La 1ère partie est difficile à caractériser et correspond aux recouvrements entre le temps de backoff pour la retransmission du paquet de 1 et l'émission d'un paquet de 3 (période $ip21$ sur la fig. 4). La 2e partie, s'apparentant à une distribution normale, correspond aux périodes libres entre la fin d'une transmission de 1 (après l'ACK envoyé par 2) et le début d'une transmission de 3 (période $ip22$ sur la fig. 4). La 3e partie, s'apparentant à une distribution normale, correspond aux périodes libres entre la fin d'une transmission de 3 et le début d'une transmission de 3 (période $ip23$ sur la fig. 4). Nous avons aussi analysé les distributions obtenues pour les stations 3 et 4 et les avons mises en concordance avec les différentes périodes libres possibles et identifiées sur la figure 4. Par manque de place, nous ne présentons pas cette analyse.

[‡] Par manque de place, nous ne présentons pas de résultats sur les durées des périodes occupées. Il faut néanmoins noter que ces durées sont sujettes à moins de variabilité que pour les périodes libres, car elles dépendent seulement de la taille des paquets et de la modulation utilisée.

Caractérisation des Périodes Libres

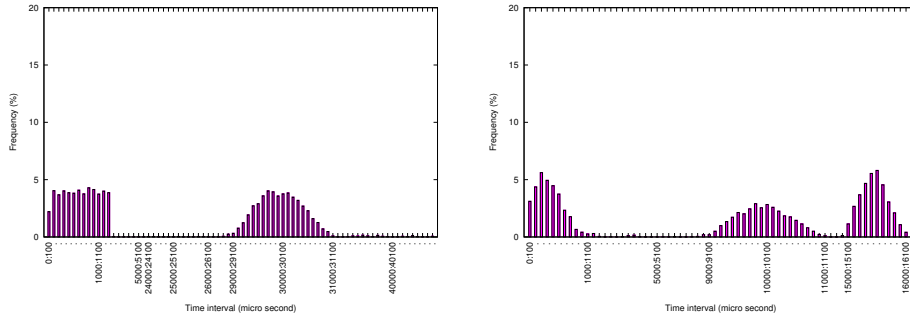


FIG. 2: Distribution des durées des périodes libres pour 1 (gauche) et 2 (droite)

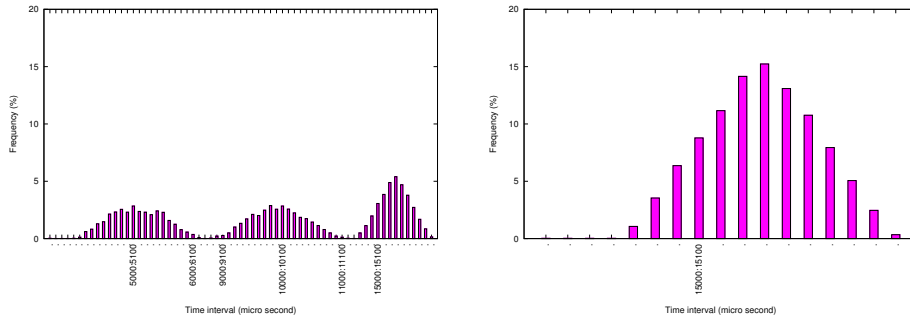


FIG. 3: Distribution des durées des périodes libres pour 3 (gauche) et 4 (droite)

3 Distributions des durées des périodes libres : analyse théorique

Dans cette section, nous analysons théoriquement les périodes libres afin d'en déduire des premières généralités sur les durées des périodes libres dans les réseaux 802.11 multisauts. Nous considérons qu'une *période libre* perçue par une station N est le temps durant lequel aucun signal n'est perçu sur le canal sans fil avec une puissance supérieure au seuil de détection de porteuse[§]. Comme suggéré par l'analyse de la section précédente, les périodes libres d'une station N dépendent des temps d'arrivée des paquets au niveau MAC sur les stations qui impactent les périodes libres de N et/ou des temps de backoff avant l'envoi des paquets et/ou des temps de service requis pour l'envoi des paquets. Le temps de service pour envoyer un paquet correspond au temps total nécessaire pour envoyer un paquet. Il comprend les temps d'attente nécessaires (DIFS et backoff) pour (re-)transmettre le paquet, les temps de (re-)transmissions du paquet et de paquets concurrents dont l'émission gèle la décrémentation du backoff associé au paquet et le temps de l'ACK (et le SIFS). En combinant, les différents paramètres, nous pouvons exprimer les différents périodes libres possibles pour une station N avec la formule suivante :

$$ip = k_1 \cdot b + k_2 \cdot \Delta + k_3 \cdot \Delta' + k_4 \cdot S + k_5 \cdot S' \quad (1)$$

où b correspond à une durée dans $[0; (2^M \times CW_{min} - 1) \times \delta + DIFS]$ (M est le nombre maximum de retransmissions d'un paquet au niveau MAC, CW_{min} est la fenêtre de contention initiale et δ est le time slot), Δ correspond au temps entre 2 arrivées de paquets consécutifs au niveau MAC sur la même station dont les émissions impactent les périodes libres de N , Δ' correspond au temps entre 2 arrivées de paquets consécutifs au niveau MAC sur 2 stations différentes dont les émissions impactent les périodes libres de N (Δ et Δ' prennent seulement en compte les nouveaux paquets arrivant au niveau MAC à envoyer et non les retransmissions), S et S' correspondent aux temps de service de 2 paquets envoyés consécutivement sur le médium et qui impactent les périodes libres de N , k_1 est égal à 0 ou 1 et k_i ($i > 1$) est égal à -1, 0 ou 1. Les

[§] D'autres mécanismes existent pour déterminer si le médium est libre.

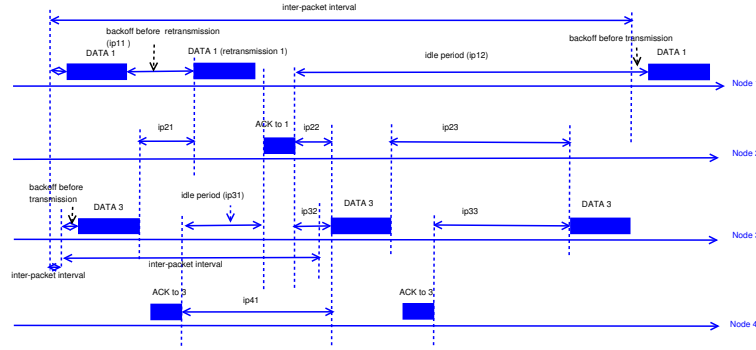


FIG. 4: Périodes libres possibles sur le scénario des stations cachées asymétriques

paquets qui impactent les périodes libres de N sont (1) les paquets envoyés par la station N , (2) les paquets émis par les voisins de N (les stations à détection de porteuse de N sont considérées ici comme voisins) et (3) les paquets pour lesquels les destinations sont des voisins de N et qui déclenchent l'envoi d'ACK sur ces voisins. Sur l'exemple des stations cachées asymétriques, on peut noter que, par exemple, $ip11 = b$, $ip12 = b + \Delta - S$, $ip22 = b + \Delta + \Delta' - S$ et $ip31 = -\Delta' + S - S'$.

En simplifiant le temps de service d'un paquet S (resp. S') par l'expression $v.T + \sum_{i=0}^n b_i$ (resp. $v'.T + \sum_{j=0}^{n'} b_j$), avec v (v') le nombre de transmissions effectuées durant le temps de service (incluant donc les retransmissions du paquet et les possibles transmissions concurrentes qui stoppent le backoff), T le temps d'envoi du paquet (temps fixe et identique pour tous les paquets), n (n') le nombre de retransmissions du paquet et b_i le backoff tiré aléatoirement pour l'envoi de la i ème retransmission ($i = 0$ correspondant à la 1ère transmission), on peut réécrire l'équation 1 de la façon suivante :

$$ip = k_1.b + k_2.\Delta + k_3.\Delta' + k_4.v.T + k_5.v'.T + k_4.\sum_{i=0}^n b_i + k_5.\sum_{j=0}^{n'} b_j \quad (2)$$

ip est une variable aléatoire qui est la somme de différentes variables aléatoires ayant différentes distributions : Δ et Δ' dépendent des profils de trafic applicatif et de l'interaction entre les stations ; v et v' dépendent de la position des stations et du trafic généré par chaque station ; b est une variable aléatoire qui dépend de l'activité des stations qui impactent les périodes libres de N et les b_i correspondent aux backoff tirés selon une distribution uniforme sur les fenêtres de contention associées. Par conséquent, le nombre de maxima locaux dans la distribution de ip est variable, ce qui implique que ip peut suivre une distribution multimodale.

4 Conclusion

Nous avons caractérisé les durées des périodes libres par simulation sur un scénario multisaut caractéristique et théoriquement. Nos premiers résultats montrent que les distributions des durées des périodes libres sont multimodales et propres à chaque station. Par la suite, nous comptons raffiner cette caractérisation et utiliser cette connaissance pour mieux paramétrer certaines solutions.

Références

- [GSK06] M. Garetto, T. Salonidis, and E. W. Knightly. Modeling per-flow throughput and capturing starvation in CSMA multi-hop wireless networks. In *In Proc. of IEEE Infocom*, 2006.
- [KBAGR09] V. Kolar, K. Bharath, N. B. Abu-Ghazaleh, and J. Riihijarvi. Contention in multi-hop wireless networks : model and fairness analysis. In *ACM MSWiM*, 2009.
- [SCCGL08] C. Sarr, C. Chaudet, G. Chelius, and I. Guérin Lassous. Bandwidth Estimation for IEEE 802.11-Based Ad Hoc Networks. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 7(10) :1228–1241, 2008.